

INDICADORES PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Administración de Empresas

Este material de autoestudio fue creado en el año 2007 para la asignatura Administración de Empresas del programa Ingeniería Electromecánica y ha sido autorizada su publicación por el (los) autor (es), en el Banco de Objetos Institucional de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.



Oliverio García Palencia
oligar52@yahoo.com



INDICADORES PARA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Abril 2 y 3 de 2007. Chimbote, Perú.

Ing. MSc. Oliverio García Palencia CMRP

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Agenda

Introducción

Gestión del Mantenimiento

Índices de Control en Mantenimiento

Indicadores de Gestión de Clase Mundial

Análisis Estadístico de Confiabilidad

Aplicación de los Índices de Gestión

Balanced ScoreCard

Conclusiones.



4. Análisis Estadístico de Confiabilidad

Modelos Estadísticos

Distribuciones Weibull y Exponencial

Optimización de Mantenimiento Preventivo

Uso de la Distribución Weibull

Optimización de la Programación

Optimización de los Costos

Estudio de Casos.



El Análisis Estadístico de Confiabilidad

Permite:

- ✦ Diseñar las políticas de mantenimiento a utilizar en el futuro
- ✦ Determinar las frecuencias óptimas de ejecución del mantenimiento preventivo
- ✦ Optimizar el uso los recursos físicos y del talento humano
- ✦ Calcular intervalos óptimos de sustitución económica de equipos
- ✦ Minimizar los costos del departamento.

Distribución Exponencial

- ✦ La Distribución Exponencial es ampliamente usada en análisis de confiabilidad, como distribución de la variable aleatoria “ tiempo entre fallas” de equipos o sistemas. Genéricamente describe la cantidad de tiempo que transcurre entre eventos, tal como el tiempo entre fallas de equipos electrónicos o el tiempo entre llegadas de clientes a un kiosco.
- ✦ El parámetro de la distribución exponencial es:
- ✦ Tasa λ : $\lambda = \text{No. eventos observados} / \text{Periodo de observación}$
- ✦ Hay una característica fundamental de las variables que siguen la distribución exponencial
- ✦ “ El numero de ocurrencia de eventos por unidad de tiempo es aproximadamente constante”

Expresiones más Importantes

Distribución de Densidad de Probabilidad:

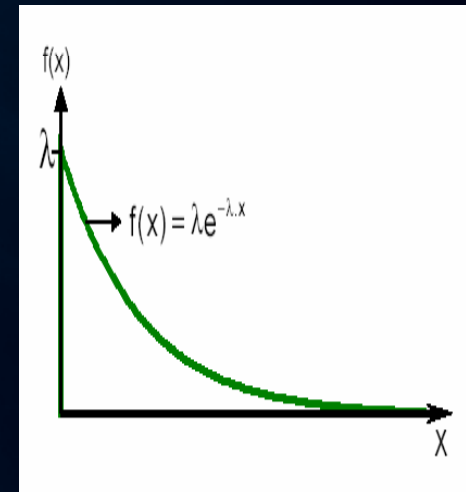
$$f(x)$$

$$F(x) = \lambda e^{-\lambda x}$$

Distribución de Probabilidad Acumulada:

$$F(x)$$

$$F(X) = 1 - e^{-\lambda x}$$



Otras relaciones Importantes:

$$\text{Media: } X_{\text{media}} = 1/\lambda$$

$$\text{Función de Confiabilidad: } R(x) = \exp [-(\lambda) x]$$

$$\text{Función de frecuencia de fallas: } h(x) = f(x) / R(x) = \lambda$$

Distribución Exponencial

Expresiones de cálculo:

- ✦ $f(t) = \lambda \exp [-(\lambda) t]$
- ✦ $F(t) = \int f(t) dt,$
- ✦ $F(t) = 1 - [\exp (-(\lambda) t)]$, Probabilidad de falla en un tiempo t
- ✦ $R(t) = 1 - F(t) = \exp [-(\lambda) t]$, Probabilidad de que el equipo no falle en un tiempo t
- ✦ Media (MTTF) = tiempo medio hasta fallar = (Sum TTF / # fallas periodo evaluado)
- ✦ $h(t) = f(t) / R(t) = \lambda$ (frecuencia de fallas – constante)

t = es el intervalo de tiempo en el cual se desea conocer la confiabilidad del equipo, partiendo de un período de tiempo = 0.

λ = tasa de fallas = # de fallas / sumatoria tiempos de operación

$\lambda = 1 / \text{MTTF}.$

**** Ebeling Charles, Reliability and Maintainability Engineering, McGraw Hill Companies, USA 1997 - pag-41-45**

Ejercicio 1

- ✦ Para el siguiente set de datos utilizar la distribución exponencial y calcular:

- ✦ Probabilidad de que no falle en un tiempo de 30 días $R(t)$

- ✦ Probabilidad de falla para un tiempo de 30 días $F(t)$

- ✦ Valor esperado (tiempo medio operativo), según la distribución Exponencial

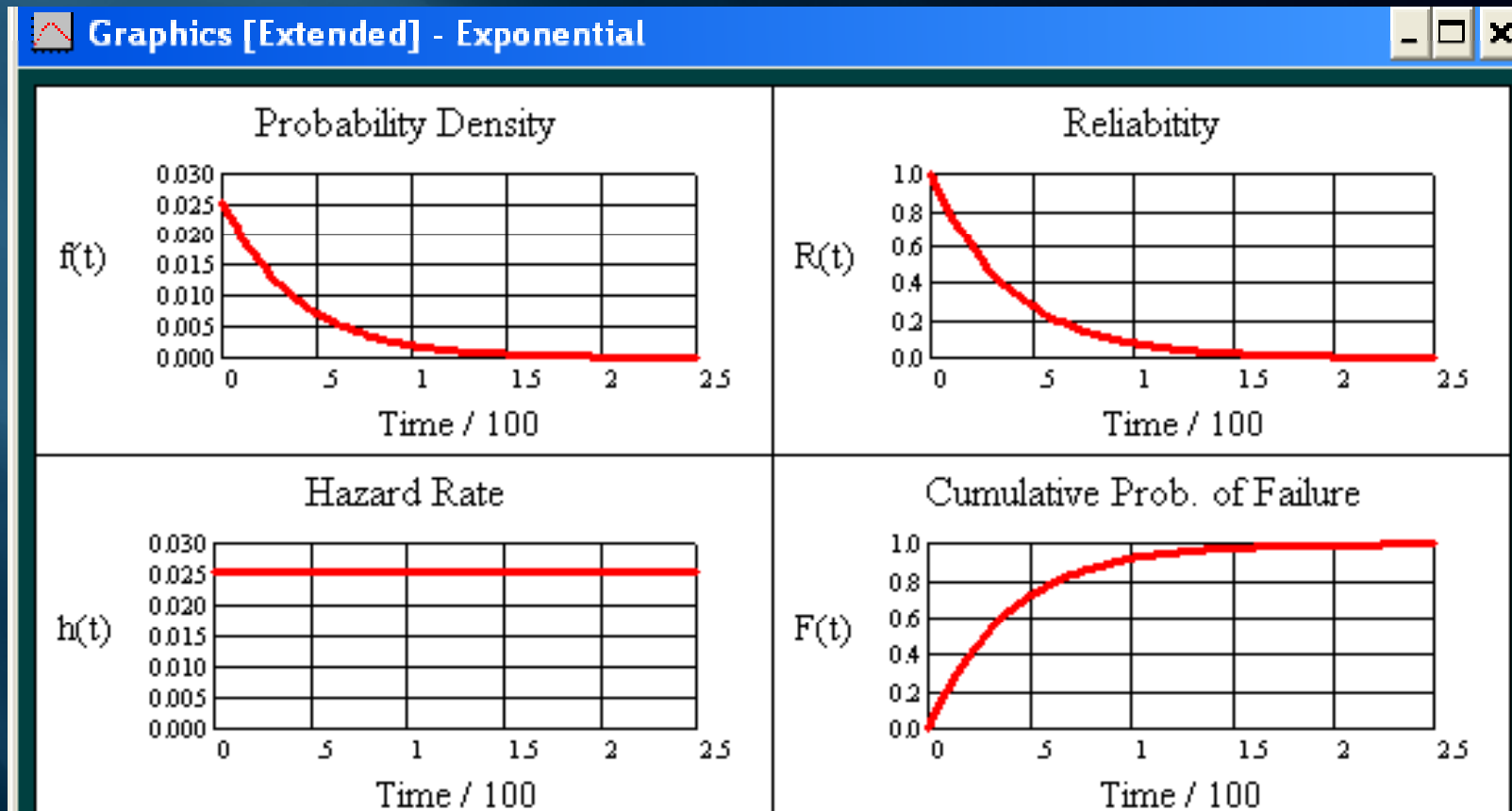
- ✦ λ = tasa de fallas

- ✦ Registro histórico (tiempos operativos-días):

25, 34, 34, 34, 34, 34, 32, 34, 45, 45, 56, 56, 34, 34, 34, 34, 34, 35, 56, 56

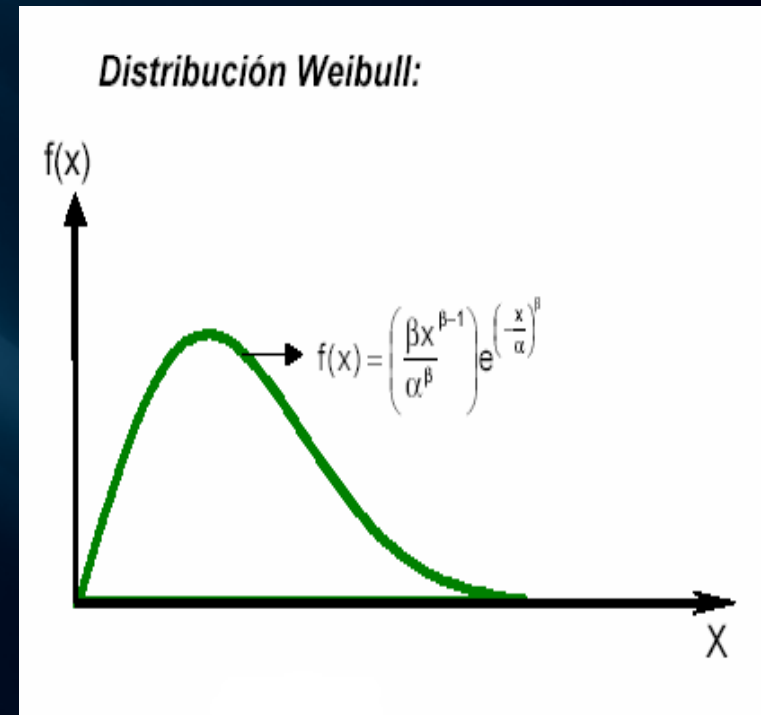
- ✦ Determine la frecuencia óptima de mantenimiento.

Resultados



Distribución de Weibull

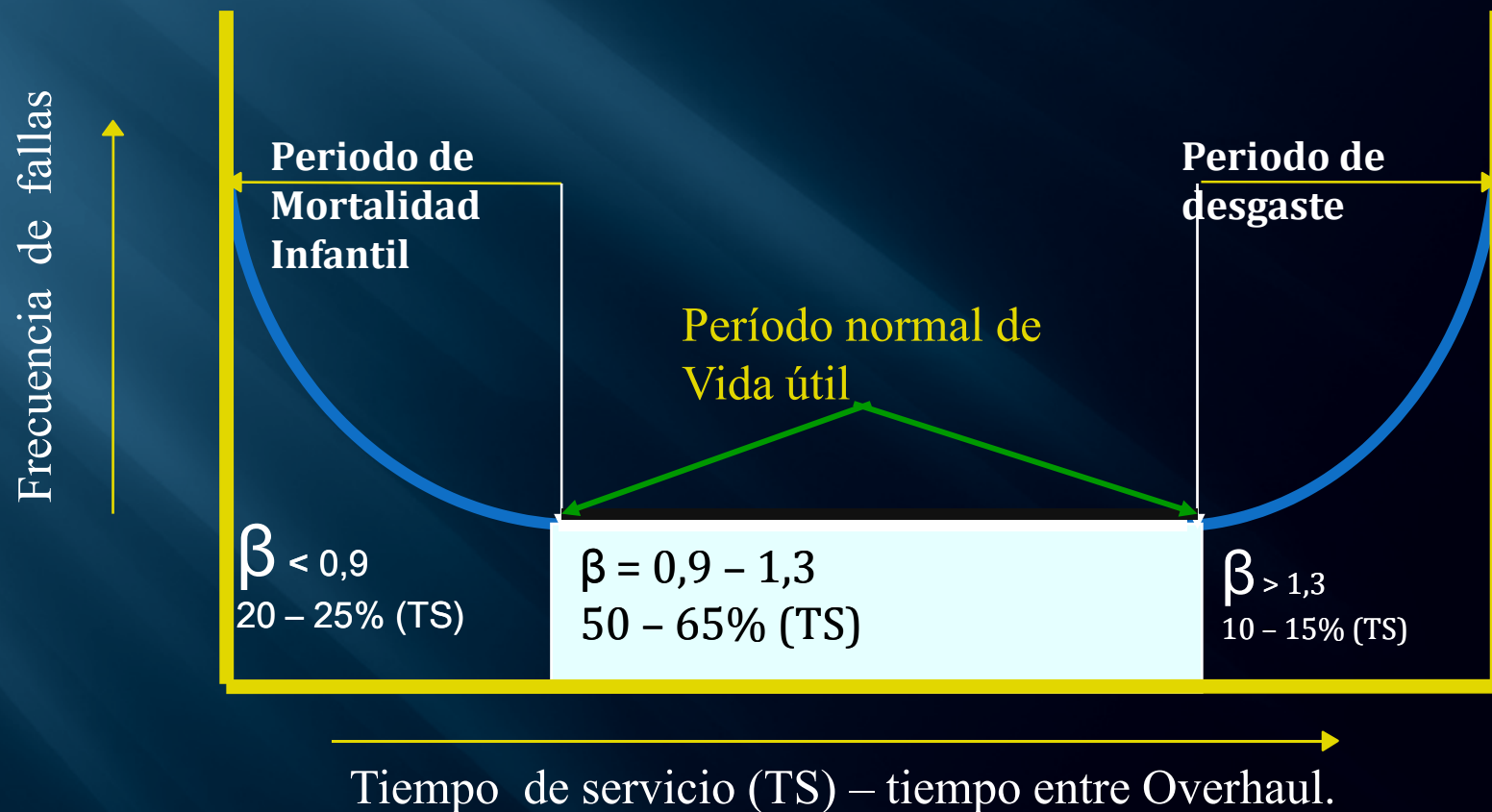
- ✦ La Distribución de Weibull es ampliamente usada en el estudio de tiempo de vida o tiempo para la falla de componentes mecánicos.
- ✦ Los parámetros de la distribución Weibull son Forma β y α Escala
- ✦ Hay una característica fundamental de las variables que siguen la distribución Weibull.
- ✦ “El numero de ocurrencia de eventos por unidad de tiempo no permanece necesariamente constante: es decir esta tasa de ocurrencia de eventos puede crecer o decrecer con el tiempo.



Comportamiento de Fallas

Curva de confiabilidad de un equipo.

Parámetro de Forma



Aproximación Práctica / Weibull

$$R(t) = e^{-(t/\alpha)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-(t/MTTF)^\beta} \text{ Aproximación Práctica}$$

$R(t)$ = Probabilidad de que el equipo no falle en un tiempo t

t = es el intervalo de tiempo en el cual se desea conocer la confiabilidad del equipo, partiendo de un período de tiempo = 0

α = parámetro escala -vida característica del equipo (relacionada con el MTTF).

MTTF = es el tiempo medio de operación entre fallas del equipo.

β = es el parámetro de forma, el cual relaciona el período de tiempo en el que se encuentra operando el equipo y el comportamiento del mismo ante la probabilidad de ocurrencia de fallas.

Ejercicio 2

Para el siguiente set de datos, utilizar Distribución de Weibull y calcular:

- Probabilidad de que no falle en un tiempo de 3 meses $R(t)$
- Probabilidad de falla para un tiempo de 3 meses $F(t)$
- Valor esperado (tiempo medio operativo según la distribución): 4,35 meses

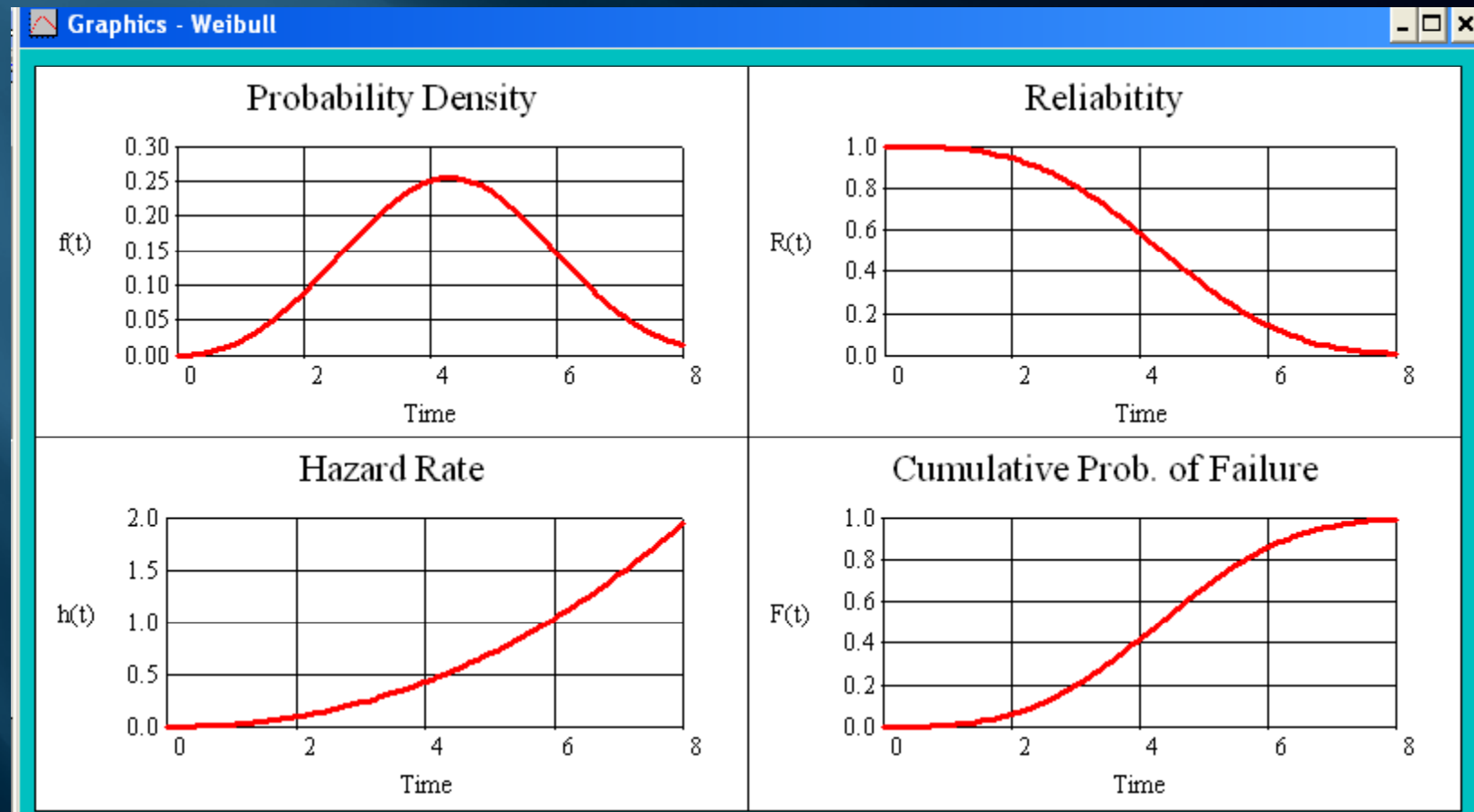
Parámetros de la distribución :

α = Parámetro de forma: 3,18 y

β = Vida característica : 4,86 meses

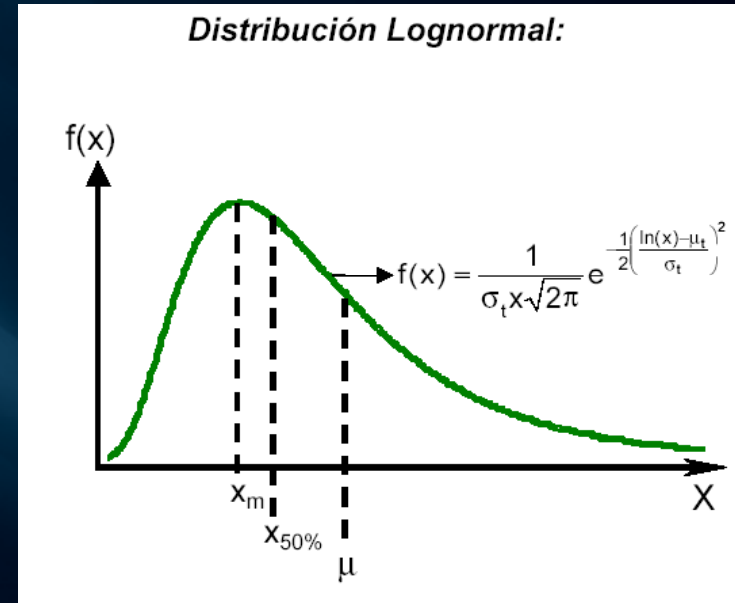
- ✦ Registro histórico de fallas (tiempos operativos - meses):
- ✦ 2, 2, 3, 3, 3, 5, 5, 5, 5, 4, 4, 6, 7, 7, 6, 6, 6, 4, 3, 4, 4, 3,3
- ✦ Determine la frecuencia óptima de mantenimiento.

Resultados



Distribución Lognormal

- ✦ La distribución Lognormal es ampliamente usada para variables que ocurren cerca del valor mínimo
- ✦ Los parámetros de la distribución Lognormal son: La media logarítmica “ μ_t ” y la desviación estándar logarítmica “ σ_t ”
- ✦ Muchas variables físicas y procesos de deterioro pueden ser representados con la distribución Lognormal.



Expresiones más Importantes

Parámetros:

Media Logarítmica:

$$\mu_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i)$$

Desviación estándar logarítmica:

$$\sigma_t = \sqrt{\left(\left(\frac{1}{n} \right) \left(\sum_{i=1}^n (\ln(X_i) - \mu_t)^2 \right) \right)}$$

La media y la desviación estándar de la Distribución Lognormal se calcula en función de logaritmos; pero en ocasiones es necesario transformar estos parámetros en términos de números naturales, y para ello se usan las siguientes ecuaciones de transformación:

Media:

$$\mu = e^{\left(\mu_t + \frac{\sigma_t^2}{2} \right)}$$

Desviación Estándar:

$$\sigma = (\sqrt{e^{\sigma_t^2} - 1}) \cdot \mu$$

Ejercicio 1

Seleccione la mejor propuesta de las siguientes dos opciones:

Opción 1:

Activo: Sistema de compresión Tipo A

Actividades Mantenimiento	Frecuencia	Costos Materiales	Costos de Mano de Obra
Tipo A	3 meses	50 MBs	30 MBs
Tipo B	6 meses	100	100
Mant. Mayor	3 años	6000	4000
Predictivo	Mensual	100	100

Tiempo promedio de operación: 8 meses, 1,5 fallas/año

Tiempo promedio de reparación: 20 horas

Costos de penalización por fallas inesperadas: 1 MMBs / hora

Costos del mantenimiento no planificado: 100 MBs/hora

Costos Operacionales : 20 MMBs / año

Inversión inicial: 450 MMBs

Vida útil esperada: 15 años

Ejercicio 1

Opción 2:

Activo: Sistema de Compresión Tipo B

Actividades Mantenimiento	Frecuencia	Costos Materiales	Costos de Mano de Obra
Tipo A	3 meses	70	30
Tipo B	6 meses	200	100
Mant. Mayor	3 años	4000	1000
Predictivo	Mensual	100	100

Tiempo promedio de operación: 2 meses, 6 fallas por año

Tiempo promedio de reparación: 10 horas

Costos de penalización por fallas inesperadas: 1 MMBs / hora

Costos del mantenimiento no planificado: 100 MBs/hora

Costos Operacionales : 10 MMBs / año

Inversión inicial: 200 MMBs

Vida útil esperada: 15 años

Ejercicio 2

- ✦ Para las dos opciones mostradas, evalúe los datos económicos junto con los índices de tiempos promedios operativos y tiempos promedios de reparación y trate de seleccionar alguna de estas dos opciones.
- ✦ Afecta el factor Confiabilidad en la decisión que usted tomó?
- ✦ Explique por qué?
- ✦ Argumente su respuesta.

Optimización de Mantenimiento Planeado

- ✦ El sistema de Optimización del Mantenimiento Planeado (PMO) es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación.
- ✦ La PMO facilita el diseño de un marco formal de trabajo racional y rentable, basado en Confiabilidad, cuando un sistema de PM está consolidado y la planta se encuentra bajo control.

Ciclo del Mantenimiento Reactivo



Adaptado de Steve Turner 2000

El Sistema PMO

- ✦ Analiza el programa de mantenimiento anterior
- ✦ Realiza los Análisis de Confiabilidad
- ✦ Genera una base de datos de los modos de falla
- ✦ Escoge el método más eficaz de mantenimiento
- ✦ Se basa en la experiencia del personal de planta
- ✦ Usa el diagrama de decisiones del RCM
- ✦ Reconoce la importancia de las funciones del activo
- ✦ Diseña de un marco de trabajo racional y rentable
- ✦ Establece la adecuada asignación de recursos.

En el Sistema PMO:

- ✦ Se reconocen y resuelven los problemas con la información exacta
- ✦ Se logra un efectivo uso de los recursos
- ✦ Se mejora la productividad de los operarios y del personal de mantenimiento
- ✦ Se adapta a las situaciones y a los objetivos específicos de cada cliente
- ✦ La optimización del PM motiva al personal.



Beneficios Reales del Sistema

- ✦ Determinar el comportamiento de fallas de los equipos
- ✦ Estimar el efecto del PM en la Confiabilidad
- ✦ Utilizar adecuadamente todos los recursos disponibles
- ✦ Eliminar fallas y paradas imprevistas
- ✦ Incrementar la Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Efectividad Global de los equipos.



Implementación del Sistema PMO

Paso 1: Establecimiento de las funciones y tareas

Paso 2: Análisis de los Modos de Falla (FMA)

Paso 3: Racionalización y revisión del FMA

Paso 4: Análisis Funcional (Opcional)

Paso 5: Evaluación de las consecuencias

Paso 6: Determinación de las Políticas de Mantenimiento

Paso 7: Agrupación y Revisión de Procesos

Paso 8: Implementación y aprobación de los programas

Paso 9: Programa dinámico y mejoramiento continuo.

Steve Turner 2000.

Resultados de las Políticas

- ◆ Actividades del programa que son o no rentables
- ◆ Tareas más eficaces y menos costosas basadas en condiciones
- ◆ Tareas que deben ser quitadas del programa
- ◆ Tareas más eficaces si se cambian sus frecuencias
- ◆ Datos necesarios para predecir el LCC
- ◆ Defectos que pueden ser eliminados mediante Análisis Causa Raíz (RCA).

Sistema PMO Exitoso

El éxito radica en adaptar un Modelo de Confiabilidad de acuerdo con la realidad de cada organización. Las mejores prácticas plantean que se deben optimizar los planes de mantenimiento basados en estudio de la Confiabilidad, para minimizar las fallas imprevistas de los procesos productivos y reducir al máximo el reemplazo y nueva inversión en equipos; lo cual se traduce en disminución de los costos de producción con el correspondiente aumento de la competitividad de la empresa.

La Distribución de Weibull

- ✿ El comportamiento histórico de las fallas de los equipos se puede describir estadísticamente por medio de la Distribución de Weibull.
- ✿ La ecuación característica de la Función de Distribución de fallas es:

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t - T_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

Donde β , η y T_0 , son valores constantes mayores que cero.

Función de Confiabilidad

Para obtener la Confiabilidad $R(t)$ se observa que:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - T_0}{\eta} \right)^\beta \right]$$

Los parámetros son:

β [Beta] = parámetro de forma o geométrico ($\beta > 0$)

η [Eta] = parámetro de escala o valor característico ($\eta \geq T_0$)

T_0 = parámetro de localización, es el valor garantizado de t ($T_0 \geq 0$).

Densidad de Probabilidad

La densidad de probabilidad de falla viene dada por:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt}$$

Y teniendo en cuenta que : $\eta = \theta - T_0$

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - T_0}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t - T_0}{\eta} \right)^{\beta} \right]$$

Determinación de los Parámetros

- ✱ Parámetros a Calcular: β , η y T_0
- ✱ Método Gráfico Aproximado (Shigley)
- ✱ Método Analítico (Ecuaciones Logarítmicas)
- ✱ Métodos Estadísticos (Regresión múltiple),
usando software especializado:
 - Weibull 6 ++
 - Weibull Super Smith
 - Statgrafics.

Mantenimiento Programado

- El costo del mantenimiento programado $C_s(t)$ en un tiempo dado t_0 se expresa como:

$$C_s(t) = t_0 \sum_{i=1}^n (C_i / t_i)$$

Donde el t_i es el término i del tiempo medio para falla, y el C_i es el término i de la acción de mantenimiento.



Mantenimiento no Programado

- El costo de mantenimiento no programado $C_u(t)$ se estima por:

$$C_u(t) = t / t_0 \sum_{i=1}^n (f_i C_i)$$

Donde el f_i es el término i del periodo de acción de mantenimiento no programado durante el tiempo t_0 .



Ciclo de Mantenimiento Óptimo

- El costo total de mantenimiento $C_m(t)$ asociando los dos tipos de costos puede determinarse por:

$$C_m(t) = C_s(t) + c_u(t)$$

- El problema es minimizar $C_m(t)$ para calcular el ciclo de mantenimiento óptimo t^* .

$$t^* = t_0 (C_s / C_u)^{0.5}$$

Optimización del Mantenimiento PMO2

- ✿ El objetivo es estimar los intervalos óptimos de mantenimiento, para aumentar la productividad del equipo y minimizar los costos totales de mantenimiento.
- ✿ El análisis de costos determina el nivel óptimo de mantenimiento necesario para el funcionamiento económico de los equipos.

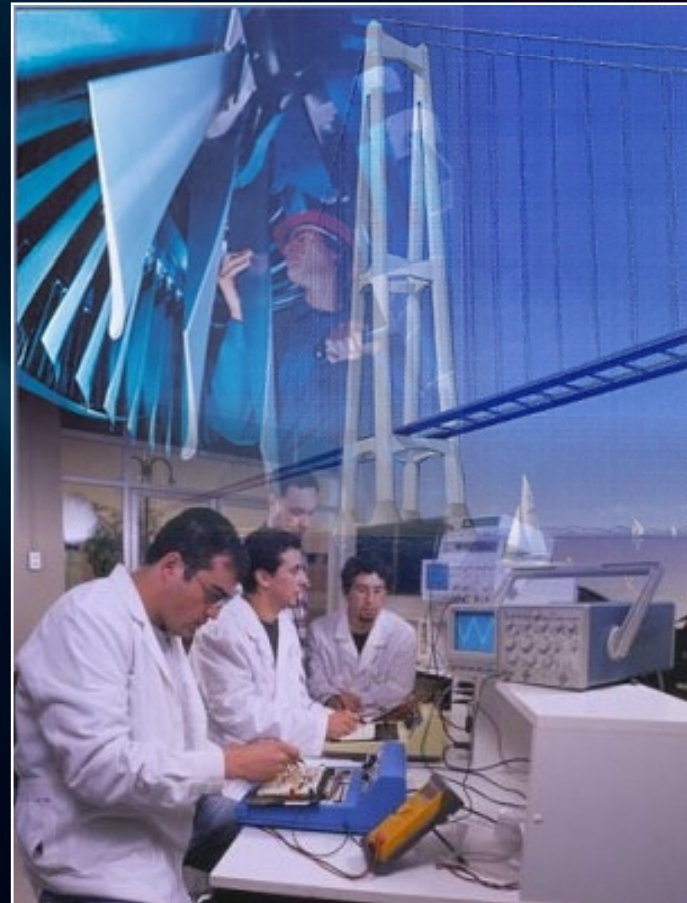


Descripción del Procedimiento

- Uso de la Distribución Weibull para estimar el comportamiento de fallas de los equipos, mediante su Confiabilidad y su MTBF.
- Estimación del efecto de Mantenimiento Preventivo en la Confiabilidad.
- Asignación adecuada de recursos para optimizar el mantenimiento.

Caracterización del Procedimiento

- ☼ Selección de fallas prevenibles:
Distribución de fallas prevenibles
- ☼ Eliminación de fallas: Cálculo de fallas a eliminar de acuerdo con la frecuencia del mantenimiento
- ☼ Modificación de la Distribución de Weibull Original: Efecto del Mantenimiento Preventivo.



Implementación del Modelo (1)



Desarrollar un procedimiento detallado de planeación de tareas tipo RCM.



Determinar y analizar con la metodología PMO, los principales modos de falla.



Implementar procesos racionales para determinar la Confiabilidad de los equipos.



Evaluar las consecuencias de las fallas y la influencia del Mantenimiento Preventivo.

Implementación del Modelo (2)



Determinar e Implementar nuevas políticas de Mantenimiento Optimo.



Realizar periódicamente revisión de los procesos y análisis de costos.



Desarrollar un sistema de asignación de recursos, para implementar los programas.



Propiciar planes de mejoramiento continuo mediante programas de capacitación para toda la vida.

Ejemplo de Análisis

- Se presenta el caso de una patrulla Renault PENTA de la Policía Nacional de Colombia, modelo 1994 trabajando durante un periodo de 2000 días entre 1994 y 2000.
- **Paso 1.** Tomando como periodo de estudio 150 días, se han obtenido los datos de las fallas ocurridas en el equipo (Tabla 1). El cálculo del TBF se obtiene entre el día en que el equipo fue puesto en operación y el día de la siguiente falla.

Datos Históricos de Falla

- Día de Paro
- Mantenimiento Preventivo
- Fallas Prevenibles
- Tiempo de Parada
- Costo de Parada.



DÍA de PARO	Mantto. Preventivo	TBF1	Fallas Prevenibles	DÍA de falla	TBF2	Tiempo de Parada	COSTO Miles
140	X						126
168		168	X				106
316		148	X				160
537		221		537	537	15	580
571		34	X				360
626	X						465
665		94	X				215
776	X						420
802		137		802	265	21	3328
1010	X						64
1024		222	X				697
1066	X						103
1081		57	X				126
1102		21	X				515
1183		81		1183	381	15	1490
1190	X						90
1210		27	X				131
1299		89		1299	116	3	2620
1329		30	X				225
1362	X						65
1408		79	X				290
1473		65		1473	174	1	435
1551		78	X				340
1620	X						293
1699		148		1699	226	5	1050
1722		23		1722	23	2	920
1754	X						760
1801		79		1801	79	10	972
1856		55	X				612
1920		64		1920	119	4	550
	MTBF1	91.6		MTBF2	213.9		18.108

Manejo de los Históricos de Falla

Datos Historicos de fallas

Nuevo 29/05/00

Mantenimiento
☐ Ninguno
☐ Preventivo
☒ Prevenible

Tiempo de Parada 10 Costo en miles 972

Aceptar Generar

Fila Actual = 28

Ord	Fecha	TBF	Dia de Falla	M Preventivo	TBF1	F Prevenible	Dia de Falla	TBF2	T. Parada	C. Miles
1	01/07/95									
2	20/11/95	142	142	X						126
3	18/12/95	28	170		170	X				106
4	16/05/96	150	320		150	X				160
5	27/12/96	225	545		225		545	545	15	580
6	29/01/97	33	578		33	X				360
7	26/03/97	56	634	X						465
8	05/05/97	40	674		96	X				215
9	26/08/97	113	787	X						420
10	22/09/97	27	814		140		814	269	21	3328
11	20/04/98	210	1024	X						64
12	04/05/98	14	1038		224	X				64
13	16/06/98	43	1081	X						103
14	30/06/98	14	1095		57	X				126
15	22/07/98	22	1117		22	X				515
16	11/09/98	51	1168		51		1168	354	15	1490
17	19/10/98	38	1206	X						90
18	09/11/98	21	1227		59	X				131
19	08/01/99	60	1287		60		1287	119	3	2620
20	11/03/99	62	1349	X						65
21	27/04/99	47	1396		109	X				290

Grabar Abrir Limpiar Tabla Borrar Fila

Totales Prevenibles No Prevenibles Cerrar

Ejemplo de Análisis

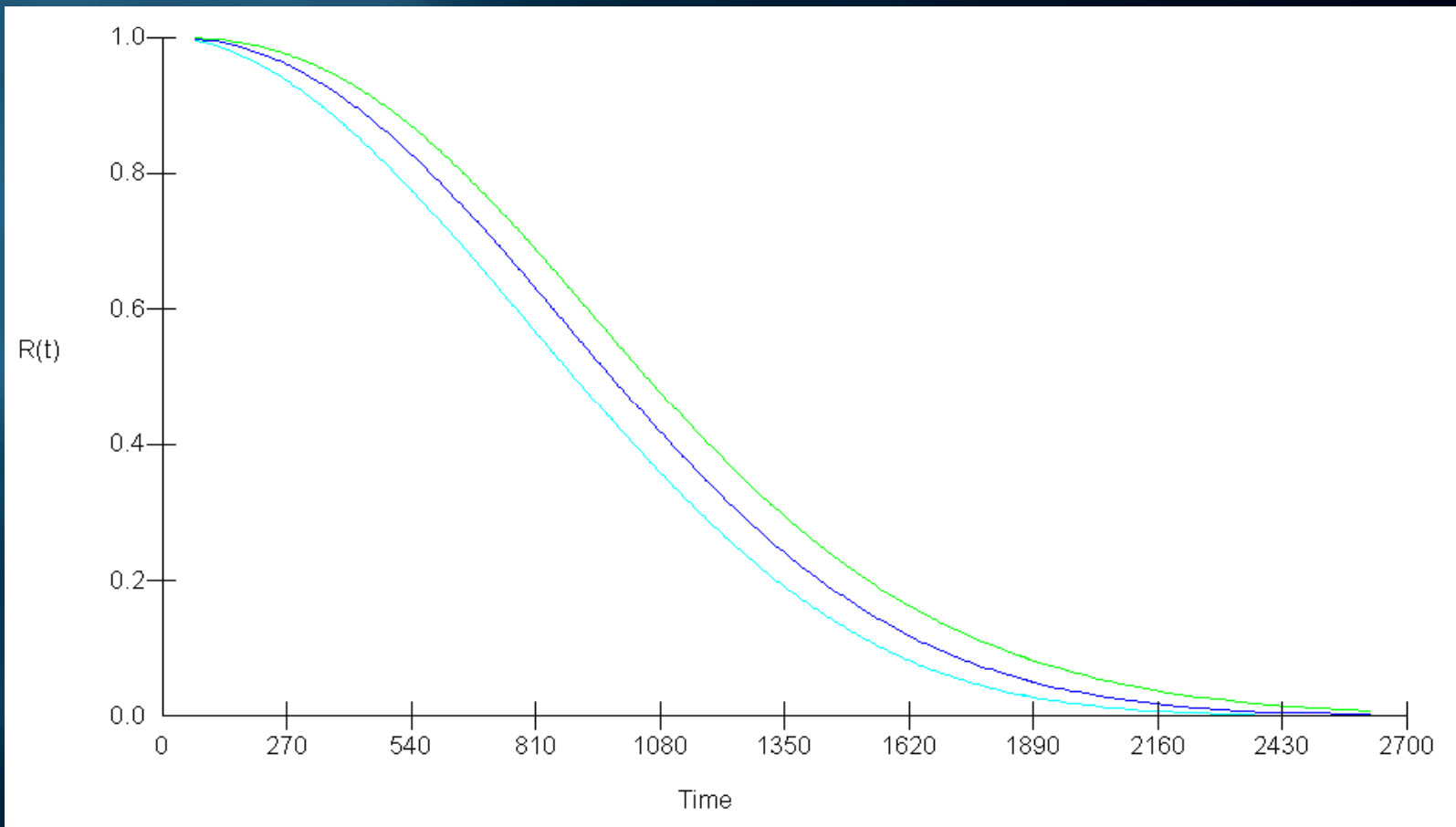
- **Paso 2.** El ajuste de la distribución de Weibull se realiza utilizando los datos de la Tabla 1, sin incluir el PM, ya que el número de datos de fallas disponible ($n = 21$), es suficiente para que tenga validez estadística.

Los parámetros de la ecuación característica de Weibull obtenidos, son:

$$T_0 = 125.5 \text{ días}, \beta = 1.9645 \text{ y } \eta = 1235.2$$

El valor para este caso de MTBF = 91.6 días.

Confiabilidad del Histórico de Fallas



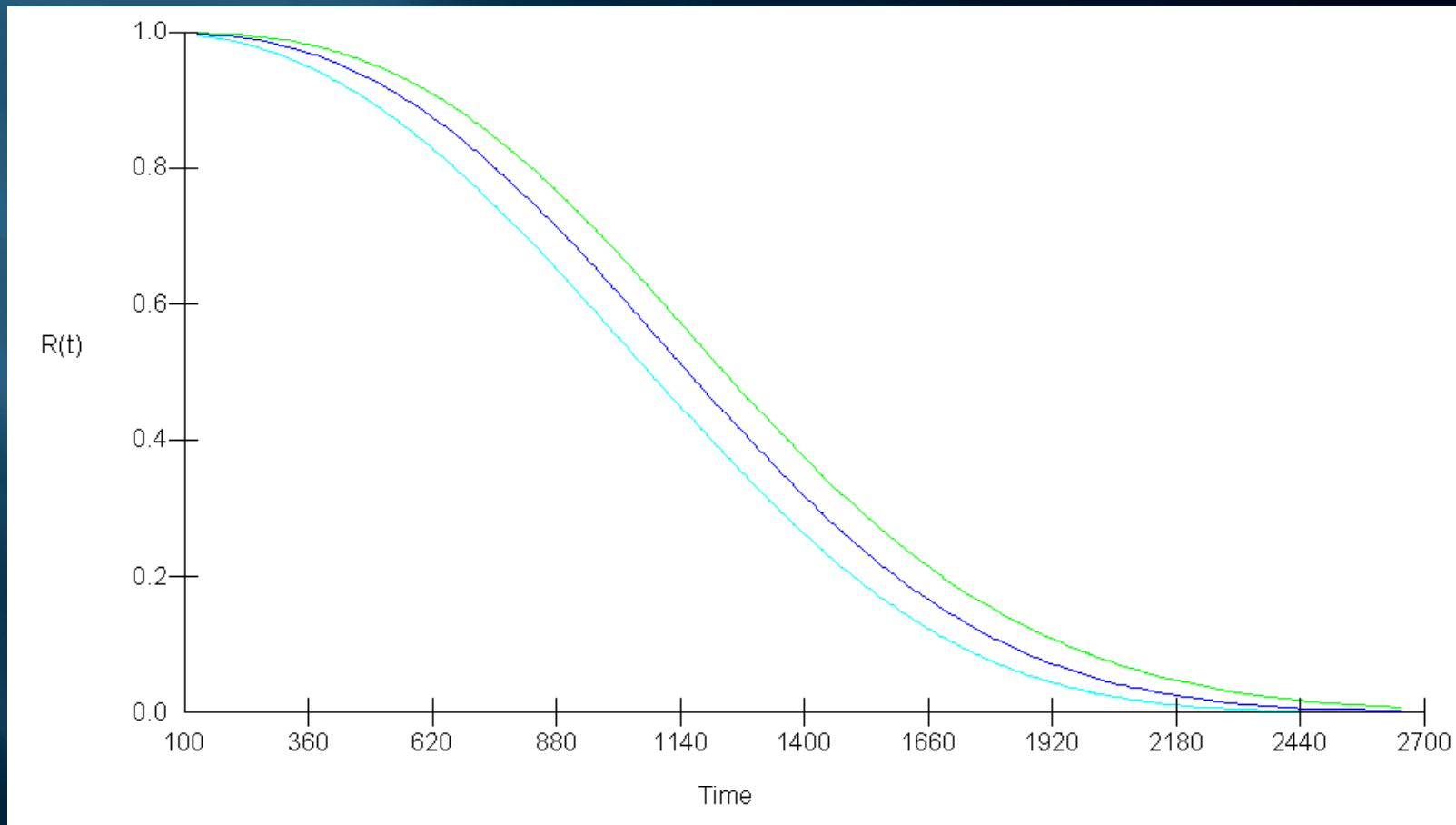
Ejemplo de Análisis

- **Paso 3.** Considerando las fallas que se pueden eliminar con actividades de PM ($m = 14$), como “*fallas prevenibles*” en la columna 4 de la Tabla 1, y usando para este grupo de fallas el mismo método, se obtienen los valores de los parámetros de Weibull:

$$T_0 = 92.5 \text{ días}, \beta = 1.6562 \text{ y } \eta = 1097.4$$

El valor para este caso de MTBF = 159.7 días.

Confiabilidad de Fallas Prevenibles



Ejemplo de Análisis

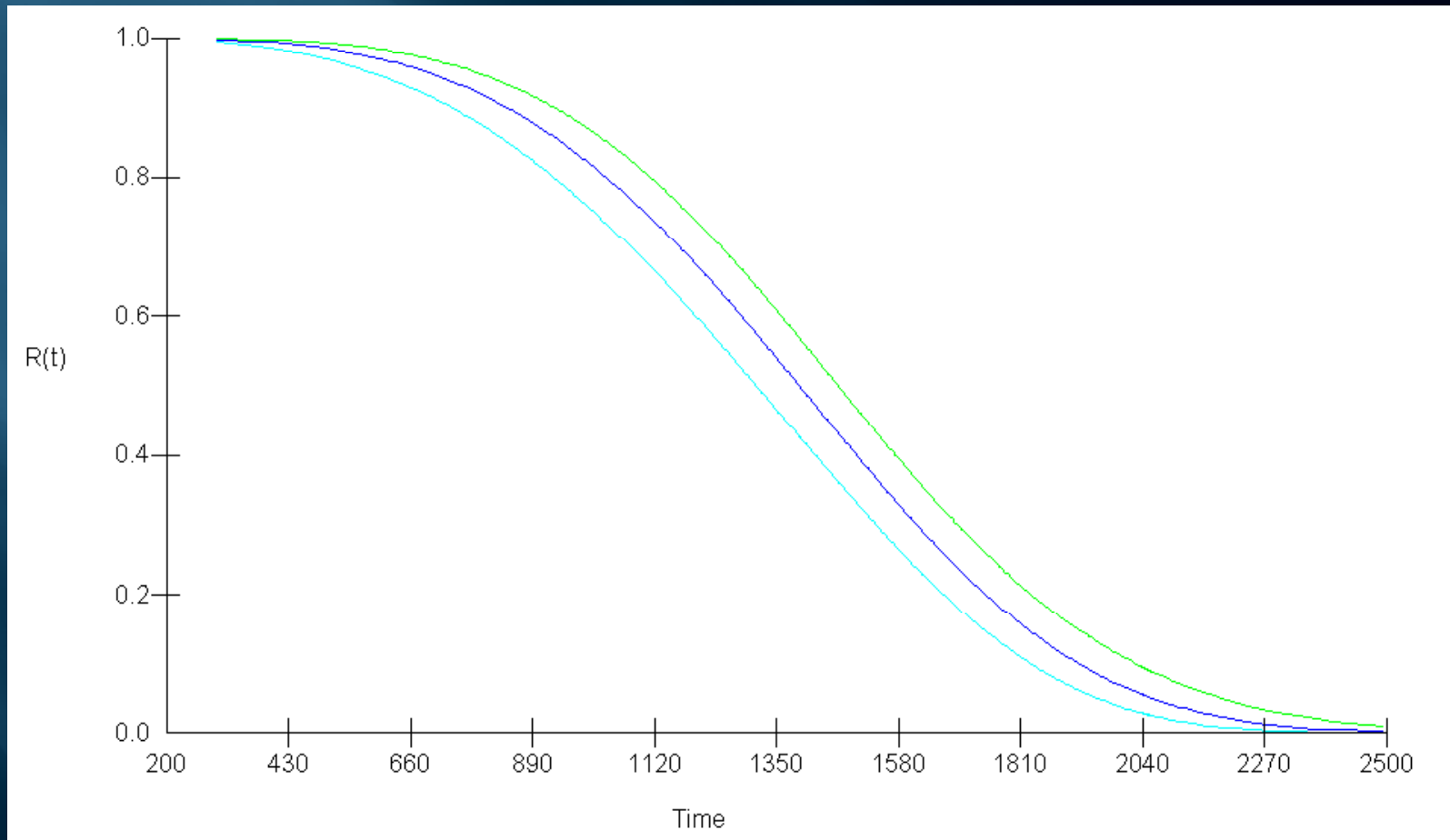
- **Paso 4.** La confiabilidad histórica es equivalente al producto de la confiabilidad de las fallas prevenibles por las no prevenibles, por tanto es posible obtener la confiabilidad de las fallas no prevenibles.

Los parámetros de la ecuación característica de Weibull obtenidos, son:

$$T_0 = 170.5 \text{ días, } \beta = 2.6383 \text{ y } \eta = 1565.3$$

El valor para este caso de MTBF = 213.9 días.

Confiabilidad de Fallas no Prevenibles



Ejemplo de Análisis

- **Paso 5.** Teniendo en cuenta los valores de MTBF obtenidos y usando las ecuaciones de Weibull con los parámetros hallados, se estudian varias periodicidades posibles de programación de PM. Para el comportamiento Histórico del equipo:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - 125.5}{1235.2} \right)^{1.9645} \right]$$

150 días, 300 días, 450 días, 600 días.

Análisis de Frecuencias

Periodo	F(t)	R(t)	n (espera)
150 días	0.0005	0.9995	14
300 días	0.0212	0.9788	13
450 días	0.0698	0.9302	12
600 días	0.1416	0.8584	11

n: es el número de fallas que se pueden eliminar con el ciclo de programación correspondiente.

Ejemplo de Análisis

- **Paso 6.** Considerando el número de fallas no prevenibles y las que no se pueden eliminar de la lista de prevenibles para cada periodicidad se obtienen por el mismo procedimiento los parámetros de Weibull para el comportamiento esperado del equipo con la frecuencia de programación dada.

Parámetros de Weibull

Periodo	β	η	T_0	MTBF
150 días	1.935	1145.1	120.8	213.7
300 días	2.011	1182.6	140.2	173.9
450 días	2.190	1164.5	170.5	147.8
600 días	2.225	1195.0	185.8	127.4

Ejemplo de Análisis

- **Paso 7.** Con la ayuda del simulador, se hace el análisis económico de cada una de las frecuencias dadas y la de menos costos totales se escoge como alternativa elegida.
- Se observa que el tiempo óptimo de programación preventiva es de 58 días, y su costo mínimo anual de mantenimiento es \$2.193.000.

Costos para cada Frecuencia

Periodo	N Fallas	t*	Cs Anual (miles)	Cu Anual (miles)	Cm Anual (miles)
150 días	9	58	1032	1161	2193
300 días	11	117	586	1692	2278
450 días	13	175	411	2152	2563
600 días	15	234	308	2612	2920

Resultado del Análisis

- Utilizando una frecuencia de PM cada 60 días se disminuye el número de paradas en el período de estudio de 21 a 9, con un costo total inferior en más de un 40%.
- El seguimiento posterior que se hizo al vehículo, durante un periodo de dos años, mostró que solo se presentaron 4 paradas imprevistas, y el costo total de mantenimiento fue menor a \$ 4.000.000, lo cual confirmó la validez del estudio.

Conclusiones

- ✿ Se plantea una metodología para que la industria use eficazmente el registro histórico de fallas de su maquinaria.
- ✿ El nivel óptimo del PM necesita ser manejado según la importancia del equipo en el proceso y el nivel deseado de Confiabilidad.
- ✿ El Análisis de Confiabilidad define los problemas de los equipos antes de que fallen, analiza las tendencias y permite eliminar el origen de las causas de las fallas.
- ✿ Se logra establecer cuantitativamente la influencia de las acciones del mantenimiento sobre los Índices de Gestión.

Conclusiones

- ✦ El PMO se basa en la experiencia y el conocimiento técnico del personal, esto crea un alto grado de responsabilidad y pertenencia
- ✦ La toma de decisiones claves, por parte de los responsables del mantenimiento, debe estar soportada por técnicas de Análisis de Confiabilidad
- ✦ El mayor aporte del Análisis Weibull es proveer una herramienta práctica para el mejoramiento continuo del diseño y mantenimiento de los equipos
- ✦ El análisis de fallas es la etapa más importante para establecer un programa de mantenimiento óptimo, y éste depende de los registros históricos de los equipos durante su vida útil.



Hacer predicciones es muy difícil,
especialmente cuando se trata del
futuro.

N. Bohr

5. Aplicabilidad de los Índices Gestión

Manejo Eficiente de los Indicadores

Software para Cálculo de Índices

Uso del Software

Gestión Técnica y Económica

Análisis de Costos del Mantenimiento

Optimización Costo-Riesgo-Beneficio

Costo del Ciclo de Vida (LCC)

Ejercicios Prácticos.



Cuatro Áreas Estratégicas



Estrategias del Mantenimiento Moderno

- ✦ Desarrollo Integral del *Talento Humano*
- ✦ Proyectar la Función del Mantenimiento para la *Productividad*
- ✦ Aplicar estrategias de *Confiabilidad Operacional*
- ✦ Fomentar el *Trabajo en Equipo*
- ✦ Establecer panoramas de *Riesgo* y de Protección del *Medio Ambiente*
- ✦ Construir una *Nueva Cultura de Confiabilidad*
- ✦ Utilizar Procesos de *Kairyo* y *Reingeniería del Mantenimiento*
- ✦ Gestionar en forma óptima la *Información del Mantenimiento*.